

Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal - Brasil



Imagem de satélite disponível através do programa *Google Earth* mostrando pivôs centrais situados em torno da BR 251, ao Sul da localidade de Marajó, no Município de Cristalina/GO.

ISSN 1679-0154
Novembro, 2013

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 77

Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal - Brasil

Elena Charlotte Landau
Daniel Pereira Guimarães
Ruibran Januário dos Reis

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: cnpms.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro,

Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda

de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros.

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Google imagens

1ª edição

1ª impressão (2013): on line

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Landau, Elena Charlotte.

Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal - Brasil / Elena Charlotte Landau, Daniel Pereira Guimarães, Ruibran Januário dos Reis. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

35 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1619-0154; 77).

1. Irrigação. 2. Agricultura. 3. Sensoriamento remoto. I. Guimarães, Daniel Pereira. II. Reis, Ruibran Januário dos. III. Título. IV. Série.

CDD 631.587 (21. ed.)

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	12
Conclusões	27
Agradecimentos.....	28
Referências	28

Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal - Brasil

Elena Charlotte Landau¹

Daniel Pereira Guimarães²

Ruibran Januário dos Reis³

Resumo

As áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal foram levantadas através da identificação visual, com base no mosaico formado por imagens do satélite Landsat 5-TM de 2010, exibido no programa *Google Earth*. Foram identificados 2.367 pivôs centrais no Estado de Goiás e 181 no Distrito Federal, ocupando uma área irrigada de 182.308 ha e 11.733 ha, respectivamente. A maior concentração de pivôs centrais ocorreu nos municípios de Cristalina/GO (572 pivôs, 48.073,8 ha), Brasília/DF (181 pivôs, 11.733,2 ha) e Morrinhos/GO (128 pivôs, 7.343,9 ha). Os municípios com maior área relativa ocupada por pivôs foram: Cristalina/GO, Vicentinópolis/GO e Itaberaí/GO. Quase 71% da área irrigada pelo sistema

¹Bióloga, DSc Zoneamento Ecológico - Econômico, Agroclimatologia e Geoprocessamento, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br

²Engenheiro Florestal, D.Sc. em Manejo Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br

³Meteorologista, D.Sc. em Geografia, Professor do programa de Pós-graduação em Tratamento da Informação Espacial – PUC-Minas, Belo Horizonte, MG, ruibrandosreis@gmail.com

localizaram-se na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (135.512 ha). O tamanho dos pivôs variou entre 2,4 ha e 414,6 ha, ocorrendo pivôs grandes e pequenos nas diferentes regiões da área estudada. Com o aumento de incentivos econômicos para a produção de alimentos, prevê-se uma tendência de aumento das áreas irrigadas na região. Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem considerar restrições relacionadas com disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e áreas de preservação permanente, bem como o uso eficiente do recurso, contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, podendo permitir a futura expansão da área irrigada no país, ou não.

Palavras-chave: agricultura irrigada, sensoriamento remoto, *Google Earth*

Mapping of Areas Irrigated by Center Pivots in the State of Goiás and Federal District - Brazil

Elena Charlotte Landau¹

Daniel Pereira Guimarães²

Ruibran Januário dos Reis³

Abstract

The areas irrigated by center pivots in the State of Goiás and in the Federal District (Brazil) were digitized by visual identification based on a mosaic formed by satellite images Landsat 5TM from 2010, displayed using *Google Earth*. We found 2,367 center pivots in the State of Goiás, and 181 in the Federal District, covering an irrigated area of 182,308 ha and 11,733 ha, respectively. The highest concentration of center pivots occurred in the municipalities of Cristalina/GO (572 pivots, 48,073.8 ha), Brasília/DF (181 pivots, 11,733.2 ha) and Morrinhos/GO (128 pivots, 7,343.9 ha). The municipalities with greater relative area occupied by pivots were: Cristalina/GO, Vicentinópolis/GO and Itaberaí/GO. Almost 71% of the area irrigated was located at the Paranaíba River Basin (135,512 ha). The size of the pivots ranged between 2.4 and 414.6 ha. Large and small pivots occur on the different regions of the analyzed area. Considering the increasing economic incentives for food production, it is expected an increasing trend of irrigated areas in the State. Despite the potential benefit of irrigation for agricultural

production, strategies to promote increased agricultural production based on the increase of irrigated areas should consider constraints related to the availability, quality and water use conflicts on the watershed in which they are. Actions improving the water quality, conservation of springs and permanent preservation areas, as well as the efficient use of the resources will contribute to improve the quality and quantity of water available, allowing the future expansion of irrigated areas in the country, or not.

Keywords: irrigated agriculture, remote sensing, *Google Earth*

Introdução

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água naturalmente promovida pela precipitação, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas (SETTI et al., 2001). A agricultura irrigada permite a obtenção de aumentos significativos de produtividade de diversas culturas agrícolas, contribuindo para reduzir a expansão de plantios em áreas com cobertura vegetal natural, aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola no local. Nos casos do milho e da soja, por exemplo, estima-se que a adoção de sistemas de irrigação pode proporcionar um aumento de produtividade em 57% e 60%, respectivamente (PIVOT, 2013).

No caso de culturas irrigadas de soja, milho, café, feijão e outras, um dos sistemas de irrigação mais utilizado é representado pelo pivô central. Neste, a área é irrigada por um sistema móvel, constituído por uma barra com aspersores

que se movimenta em torno de um ponto fixo (Figura 1). Além de água, a estrutura também é usada para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas (BRAGA; OLIVEIRA, 2005; IBGE, 2006). O sistema chegou ao Brasil na década de 1970, tendo se consagrado como sistema de irrigação nas décadas seguintes, impulsionado, sobretudo, por programas governamentais como o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste), PROFIR (Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação) e o PRONI (Programa Nacional de Irrigação), dado o custo relativamente baixo, a facilidade de operação e a eficiência entre 70 e 90% no uso da água (THEODORO, 2002; SCHMIDT et al., 2004).

De acordo com Christofidis (2005), a área ocupada pela agricultura irrigada no Brasil representa apenas 18% da área cultivada, respondendo por aproximadamente 42% da produção total de alimentos. De acordo com Landau et al. (2013), o Estado de Goiás e o Distrito Federal representam as unidades da federação do país com maior percentagem de estabelecimentos rurais com pivôs centrais do Brasil. O estudo desses autores baseou-se no levantamento efetuado pelo IBGE durante o Censo Agropecuário de 2006 (referente a 31 de dezembro de 2006). Neste, foi levantado o número de estabelecimentos rurais com e sem pivôs centrais; sem informar, no entanto, o número de pivôs centrais por estabelecimento, a área de cada um destinada à agricultura irrigada ou a localização destes em termos de bacia/sub-bacia hidrográfica. Adicionalmente, levantamentos realizados durante censos estão sujeitos às respostas dadas pelos agricultores informantes que, muitas vezes, podem sonegar informações temendo aumento da carga tributária ou outras razões.

A adoção de sistemas de irrigação possibilita o aumento de produtividade de diversas culturas agrícolas. Mesmo sabendo que o Estado de Goiás e o Distrito Federal apresentam a maior percentagem de estabelecimentos rurais com pivôs centrais do país, há carência de levantamentos representando geograficamente a localização e o tamanho de cada pivô central na região, que permitam conhecer, com maior exatidão, a situação da agricultura irrigada na região. Metodologias como as utilizadas por Ferreira et al. (2011), Guimarães e Landau (2011), Toledo et al., (2011) e Guimarães et al. (2012), que mapearam os pivôs centrais ocorrentes nos Estados de Minas Gerais e Distrito Federal a partir de imagens de satélite de 2008 a 2010, possibilitam o mapeamento de cada pivô central, permitindo a realização de análises relacionadas com a localização geográfica e o tamanho de cada um. Apesar da existência de tecnologias para mapeamento de pivôs centrais, por ser trabalhosa e demorada a realização deste tipo de levantamento para extensas áreas, a maioria dos Estados carece deste tipo de mapeamento. Considerando que os Estados de Goiás e o Distrito Federal são as unidades da federação com maior percentagem de estabelecimentos rurais com pivôs centrais, este trabalho objetivou mapear os pivôs centrais da região, identificando as áreas e bacias de concentração deles. O presente artigo representará um subsídio para a definição de estratégias envolvendo o uso de agricultura irrigada e políticas para gerenciamento do uso da águas nas respectivas bacias hidrográficas.



Figura 1. Vista de pivôs centrais situados na margem da Rodovia BR 251, no Município de Cristalina, Estado de Goiás, próximo à localidade de Marajó: a) área recentemente plantada sendo irrigada, b) área com plantação em estágio inicial de desenvolvimento (Fotos: E. C. Landau, junho/2010).

Material e Métodos

Inicialmente, foi gerado um mosaico de imagens do satélite Landsat 5-TM de 2010, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). As imagens foram corrigidas geometricamente, com o uso de pontos de controle. A composição colorida das imagens foi realizada utilizando o programa gratuito Hypercube (<http://www.agc.army.mil/hypercube/>). As imagens foram convertidas para o formato *kml* (*keyhole mark-up language*) para visualização na plataforma *Google Earth*. Para tal, as imagens foram georreferenciadas para o *Datum* WGS84 (*World Geographic System*) e a unidade das coordenadas geográficas, em graus

decimais. Considerando altitude do ponto de visão entre 5 e 50 km, foram identificados visualmente e digitalizados polígonos correspondentes a cada área ocupada por pivô central no Estado. Após isso, o arquivo gerado no formato *kml* foi convertido para o formato *shapefile*, possibilitando o cálculo da área ocupada por cada pivô central, efetuada pelo programa gratuito MapWindow (www.mapwindow.org). Para o cálculo da áreas, o arquivo digitalizado foi reprojetado considerando projeção cartográfica UTM (*Universal Transversa de Mercator*), Zona 22 Sul, com unidade das coordenadas geográficas em metros. A partir da sobreposição espacial com o mapa de bacias hidrográficas elaborado pela Agência Nacional de Águas (2001), com a malha municipal digital disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e com o mapa de declividade gerado a partir da base disponível em Gamache (2004), seguindo metodologia apresentada em Guimarães et al. (2008) e considerando classes de aptidão agrícola propostas por Ramalho Filho e Beek (1995), foram identificados: a bacia hidrográfica, o município e a declividade em que cada pivô central estava situado. No caso de pivôs centrais localizados parcialmente em bacias hidrográficas ou municípios diferentes, foram consideradas a bacia hidrográfica e o município em que se localizava a maior parte do pivô central.

Resultados e Discussão

Foram identificados 2.548 pivôs centrais (2.367 no Estado de Goiás e 181 no Distrito Federal), ocupando uma área irrigada de 194.141,65 hectares (182.308,43 ha no Estado de Goiás e 11.733,22 ha no Distrito Federal) (Figura 2). Os municípios com maior concentração de pivôs centrais foram Cristalina/GO (572 pivôs, 48.073,8 ha), Brasília/DF (181 pivôs, 11.733,2

ha) e Morrinhos/GO (128 pivôs, 7.343,9 ha) (Figura 3, Tabela 1). Os municípios com maior área relativa ocupada por pivôs centrais foram Cristalina/GO (7,80 %), Vicentinópolis/GO (5,38%) e Itaberaí/GO (3,07%) (Tabela 2). É marcante a altíssima concentração de pivôs centrais no leste das Microrregiões de Brasília/DF e Entorno de Brasília/GO (Figura 3), regiões com clima quente, chuva mal distribuída ao longo do ano e altas produtividades de diversas culturas agrícolas.

O tamanho dos pivôs variou consideravelmente, tendo sido observados pivôs entre 2,38 e 414,56 ha (Figura 4). O tamanho médio dos pivôs centrais foi de $76,2 \pm 35,9$ ha, pouco maior do que a observada por Guimarães e Landau (2011) para o Estado vizinho de Minas Gerais em 2010, que foi de 68 ha; porém, muito maior do que o tamanho médio observado por Schmidt et al. (2004) também para o Estado de Minas Gerais, que foi de apenas 35,39 hectares. Os dois maiores pivôs centrais de 2010 apresentaram áreas de 414,56 e 246,26 ha, representando círculos com raios de 1,15 km e 0,88 km, respectivamente. É pouco comum a ocorrência de pivôs ocupando áreas maiores do que 400 ha, porque requerem o uso de uma bomba de alta potência e por causa das dificuldades de manutenção.

Não foi observada relação entre o tamanho dos pivôs e a localização geográfica deles, já que em todas as regiões ocorreram pivôs pequenos e grandes (Figura 5). Apenas na Mesorregião Centro Goiano (Microrregiões de Anápolis, Anicuns, Ceres, Goiânia e Iporã) foi observada predominância de pivôs menores. Os municípios que apresentaram pivôs centrais com maior tamanho médio, e em que foram registrados pelo menos quatro pivôs, foram: Aruanã/GO ($126,7 \pm 21,1$ ha), Nova Crixás/GO ($123,8 \pm 22,0$ ha) e Mozarlândia/

GO ($120,5 \pm 16,5$ ha), situados no Noroeste do Estado de Goiás (Tabela 3). Os municípios com mais de um pivô central que apresentaram os menores tamanhos médios foram: Petrolina de Goiás/GO ($21,25 \pm 21,81$ ha), Itauçu/GO ($24,65 \pm 4,84$ ha) e Caturai/GO ($24,76 \pm 7,73$ ha), os três situados na Microrregião de Anápolis, Mesorregião do Centro Goiano.

Em termos de bacias hidrográficas, verificou-se uma alta concentração de pivôs centrais na Sub-Bacia do Rio Paranaíba (70,8%), ocupando uma área total de 135.512,4 ha (Figuras 3 e 6, Tabela 4). Este dado está de acordo com o apresentado por Landau et al. (2013), no levantamento de estabelecimentos rurais do país com pivôs centrais, em que a maior parte deles se concentra nas Sub-bacias do Rio Paraná.

Em relação ao relevo, conforme esperado e também observado por Landau et al. (2013), notou-se maior concentração de pivôs centrais em áreas com relevo plano a moderadamente ondulado, já que declividades acima de 13% representam limitações para a mecanização na agricultura.

A adoção de sistemas de irrigação proporciona um aumento de produtividade para diversas culturas agrícolas. Por outro lado, a agricultura irrigada demanda o uso de grande volume d'água e energia, sendo apontada como a principal fonte de captação da água disponível nos mananciais, representando mais do que 70% da água consumida pela humanidade (SETTI et al., 2001). Conforme Christofidis (2008), durante a segunda metade do século XX a população mundial dobrou, no mesmo período em que o consumo de água quadruplicou. Segundo Müller citado por Faleiros (2013), enquanto a população mundial dobrou de tamanho o total de áreas ocupadas pela agricultura cresceu

apenas 12%, revelando o enorme ganho de produtividade. Entretanto, mesmo com o avanço da tecnologia agrícola, o cenário para as próximas décadas representa um enorme desafio, como demonstrou em Estocolmo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). De acordo com as últimas projeções, até 2050, a população mundial deverá alcançar 9 bilhões de habitantes (hoje somos 7 bilhões) e, com isso, a demanda por alimentos, subiria 70%. No modelo atual de produção, em que as áreas irrigadas têm grande importância, o consumo de água cresceria 55% para suprir a demanda de alimentos e, se isso ocorresse, a demanda global por água poderia ser maior do que a oferta em apenas 20 anos. Conforme Müller citado por Faleiros (2013), diretor do programa de Recursos Naturais da FAO, dois fatores ainda tornarão a relação água e agricultura mais complicada no futuro próximo: o crescimento do consumo de proteína animal nos países em desenvolvimento e a competição pelo uso da água entre a agricultura e a energia.

Christofidis (2005) considerou que, em função de sua disponibilidade hídrica, o Brasil teria um potencial 13% superior às capacidades mundiais de incorporação de novas áreas irrigadas. Apesar disso, o uso de irrigação na agricultura demanda cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional da água, evitando o desperdício e a contaminação do entorno (SETTI et al., 2001; ALBUQUERQUE et al., 2010). Se utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente a qualidade dos solos, assim como a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em função do uso de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos (SETTI et al., 2001).

Em termos ambientais, as principais causas que comprometem a oferta e qualidade da água, gerando os conflitos pelo uso dela, decorrem do assoreamento e poluição de cursos e corpos d'água (rios, açudes, lagoas), causados por erosão, mineração e uso de agrotóxicos. O assoreamento diminui a vazão dos rios, reduzindo, portanto, a disponibilidade hídrica. Dados da diretoria de pesquisa do IBGE informaram que 44% dos municípios brasileiros revelaram problemas de assoreamento dos rios como a principal causa de prejuízos de atividades pesqueiras, por exemplo, sendo os principais Estados prejudicados o Ceará, o Rio Grande do Norte e a Bahia (PINHEIRO et al., 2009). O assoreamento da grande maioria dos corpos d'água está associado a práticas agrícolas inadequadas nas lavouras, tais como o desmatamento das margens dos rios e o uso indiscriminado de queimadas que prejudicam a fertilização dos solos e favorecem a erosão. Com os solos desprotegidos, a água que deveria percolar para o lençol freático torna-se veículo de sedimentos para o leito dos rios e riachos, diminuindo a vazão e carreando sedimentos e resíduos para os reservatórios (LIMA et al., 1999).

Outra questão importante a considerar é a eficiência do uso da água (COELHO, 2005; ALBUQUERQUE et al., 2010). Segundo Coelho (2005), a agricultura irrigada no Brasil tem uma eficiência de apenas 60%, o que implica riscos de danos ambientais pela dispersão de fertilizantes e defensivos agrícolas, além do risco de salinização das terras. Nunes et al. (2006) mostram os impactos da agricultura irrigada na salinização e sodificação dos solos do perímetro irrigado de Janaúba, Minas Gerais. Bernardo (1992) apresenta análise detalhada dos principais impactos ocasionados pela agricultura irrigada no Brasil. A tendência de escassez dos recursos

hídricos, em contraponto à sua crescente demanda, tem causado sérios conflitos pelo uso da água. Lima et al. (1999) citam uma demanda por outorga da ordem de 770 m³/s na bacia do Rio São Francisco, o que corresponde a 27% da vazão média verificada na sua foz e cerca da metade da vazão mínima com duração de 7 dias e período de retorno de 10 anos (PRUSKI et al., 2005). Ressalta-se ainda a importância do uso da água para suprir outras atividades humanas, tais como a geração de energia, uso industrial e saneamento básico, além da necessidade de preservação dos ecossistemas aquáticos

Embora o Brasil seja o país mais bem dotado de reservas hídricas do planeta, estas, por sua vez, não estão distribuídas de acordo com a concentração das populações. Nem sempre onde ocorrem as maiores concentrações urbanas e altas demandas estão presentes as maiores porções dessas reservas hídricas, e isso causa sérios problemas em relação à manutenção do abastecimento das regiões mais populosas (ZOLIN et al., 2011). O aumento da demanda pelo uso da água, evidenciado nos últimos anos, vem causando sérios conflitos entre os seus usuários em muitas regiões da Terra, fazendo, em muitos casos, com que a água se torne fator limitante para o desenvolvimento sustentável (PRUSKI et al., 2007). Assim, a gestão dos recursos naturais no âmbito de determinadas unidades geoambientais, tais como as microbacias hidrográficas e a organização produtiva, devem ser tarefas coletivas, pois a partir de um projeto participativo e negociado seria possível fazer com que cada comunidade defina como coletar e armazenar a água de escoamento, plantio de espécies nativas em nascentes, reposição de mata ciliar, cuidados com a área de recarga dos mananciais, implantação de cordões de vegetação e obras civis

que impeçam o assoreamento e as diferentes formas de erosão (PINHEIRO et al., 2009).

Adicionalmente, deve-se definir: área de plantio e o uso do solo, como escolher as lavouras e os tipos de produção animal e o destino dos seus produtos. Para tanto, será necessário que cada microbacia ou conjunto de microbacias hidrográficas conte com consórcios ou associações que concebam e promovam as intervenções necessárias, tanto em termos institucionais e organizacionais quanto no aspecto tecnológico (SILVA; PRUSKI, 1997; PINHEIRO et al., 2009), amparados na legislação vigente, como:

- Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, Arts. 84 e 85 - Política agrícola (BRASIL, 1991),
- Lei 9433/97, capítulo II, artigo 5º, inciso IV – Cobrança pelo uso de recursos hídricos (BRASIL, 1997),
- Leis relativas ao Código Florestal (BRASIL, 1965, 2012a,b).

Estima-se que o número de pivôs encontrados apresenta tendências de forte crescimento no Estado, dada a crescente produção agrícola do país, impulsionada pelos altos valores das *commodities* agrícolas no mercado internacional e pelo aumento da demanda pelo mercado interno. Entre 1983 e 2002, Silva (2004) observou um aumento da área irrigada por pivôs centrais no Estado de Goiás de cerca de 600 ha para 130.000 ha. Considerando esses dados, o presente trabalho identificou em 2010 um número maior de pivôs em torno de 25% em relação a 2002.

Pivôs Centrais do Estado de Goiás e do Distrito Federal em 2010

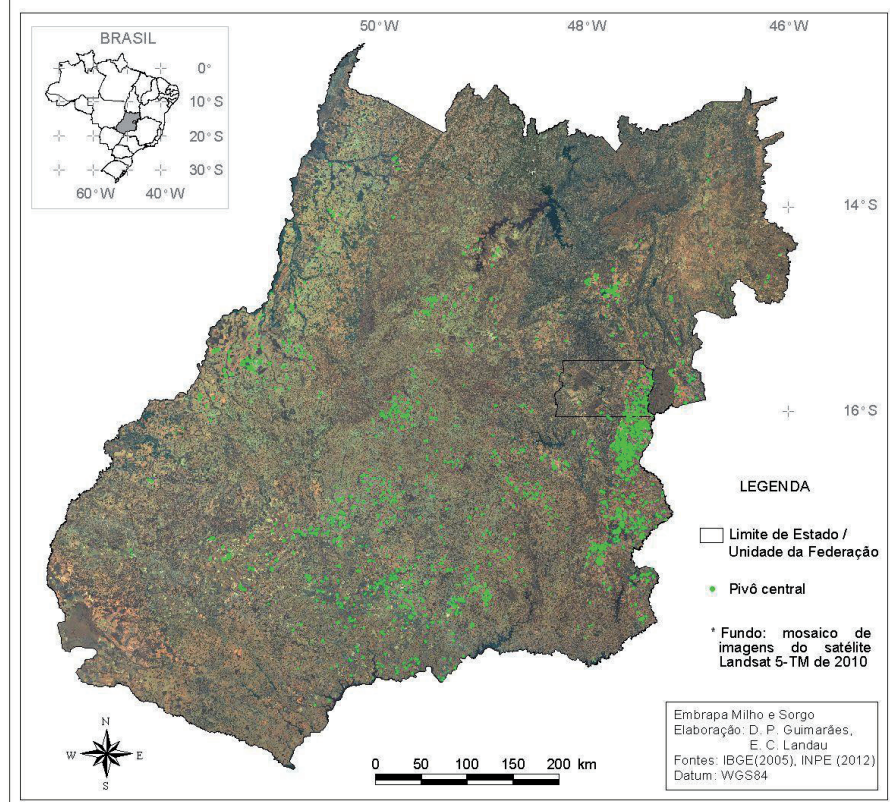


Figura 2. Mosaico de imagens do satélite Landsat 5-TM de 2010, evidenciando a localização geográfica dos pivôs centrais do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

Pivôs Centrais do Estado de Goiás e do Distrito Federal em 2010

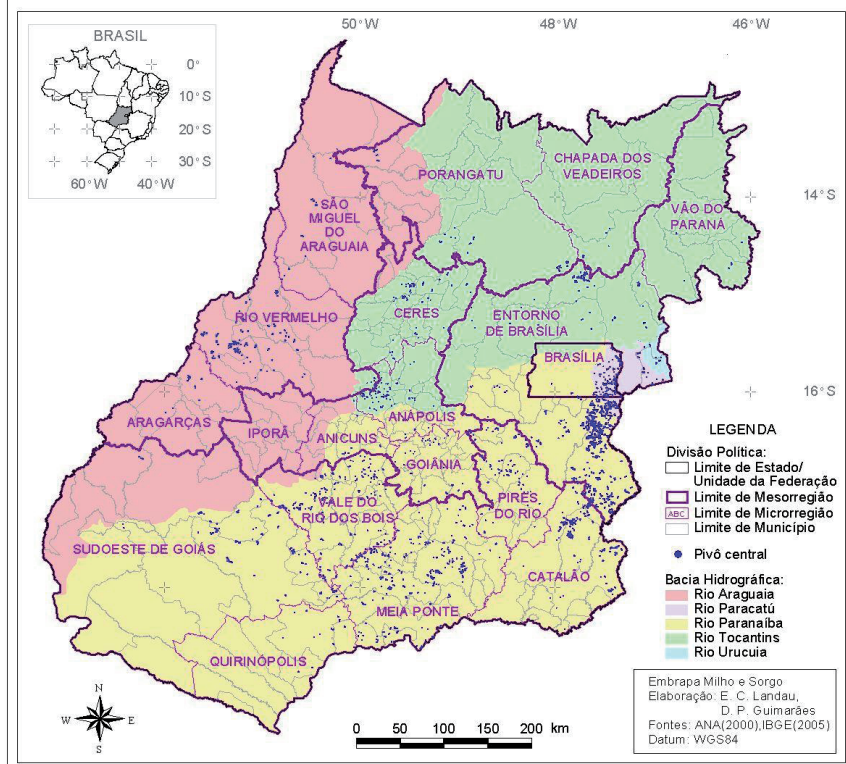


Figura 3. Localização geográfica dos pivôs centrais em 2010 em relação às principais bacias hidrográficas, mesorregiões, microrregiões e municípios do Estado de Goiás e do Distrito Federal - Brasil

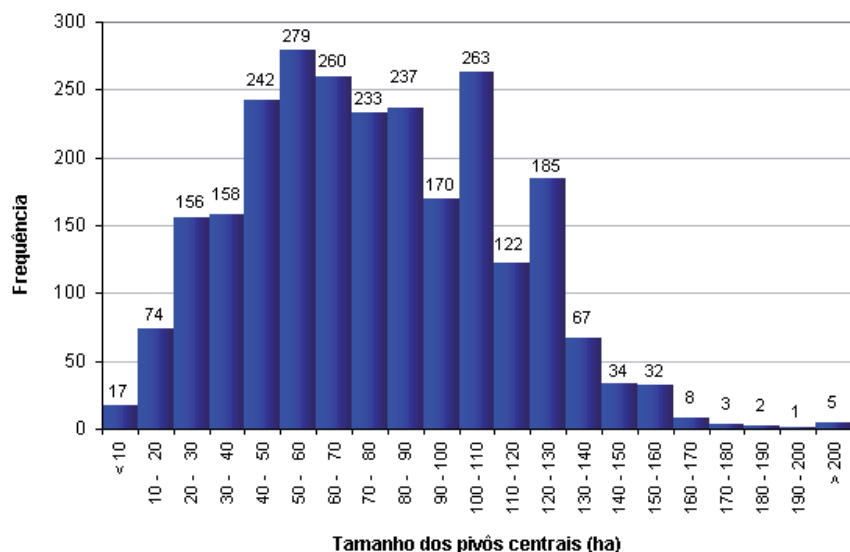


Figura 4. Variação do tamanho dos pivôs centrais do Estado de Goiás e do Distrito Federal em 2010. Os 2.548 pivôs centrais apresentaram tamanho médio de $76,2 \pm 35,9$ ha.

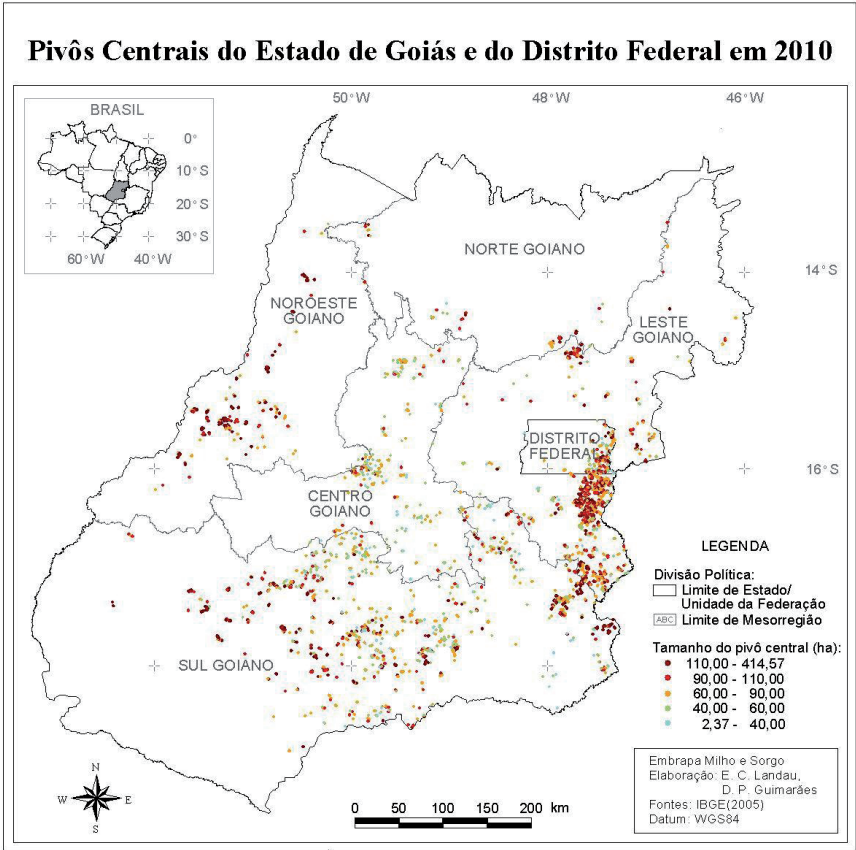


Figura 5. Variação geográfica do tamanho dos pivôs centrais do Estado de Goiás e do Distrito Federal em 2010.

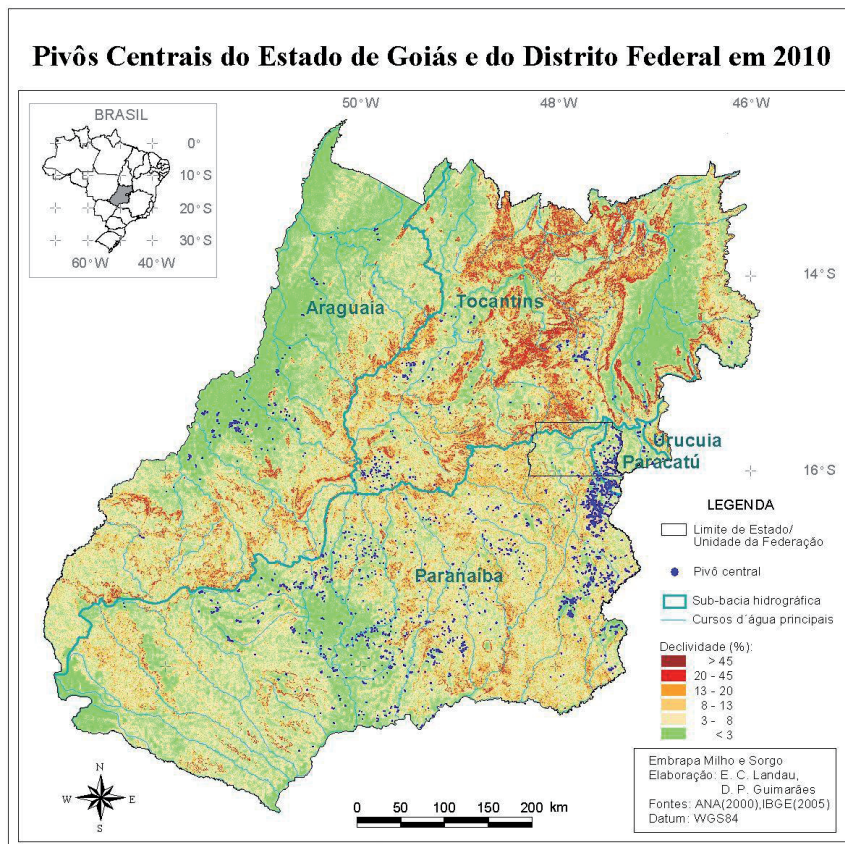


Figura 6. Localização geográfica dos pivôs centrais em 2010 em relação às principais bacias hidrográficas e à variação da declividade no Estado de Goiás e no Distrito Federal Brasil. Declividades acima de 13% representam limitações para a mecanização na agricultura.

Tabela 1. Municípios com maior área ocupada por pivôs centrais em 2010 considerando o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Município	UF	Microrregião	Número de pivôs centrais	Área ocupada por pivôs (ha)
Cristalina	GO	Entorno de Brasília	572	48.073,80
Brasília	DF	Brasília	181	11.733,22
Jussara	GO	Rio Vermelho	65	7.554,11
Morrinhos	GO	Meia Ponte	128	7.343,93
Paraúna	GO	Vale do Rio dos Bois	93	6.603,29
Campo Alegre de Goiás	GO	Catalão	81	6.307,18
Luziânia	GO	Entorno de Brasília	83	6.069,43
Ipameri	GO	Catalão	47	4.884,33
Catalão	GO	Catalão	54	4.628,15
Itaberaí	GO	Anápolis	80	4.511,17
Rio Verde	GO	Sudoeste de Goiás	42	4.457,85
Água Fria de Goiás	GO	Entorno de Brasília	45	4.450,15
Vicentinópolis	GO	Meia Ponte	65	3.966,91
Goiatuba	GO	Meia Ponte	47	3.688,10
Silvânia	GO	Pires do Rio	40	2.987,58
Palmeiras de Goiás	GO	Vale do Rio dos Bois	49	2.861,00
Cabeceiras	GO	Entorno de Brasília	29	2.539,04
Acreúna	GO	Vale do Rio dos Bois	26	2.158,38
Pontalina	GO	Meia Ponte	31	2.112,11
Niquelândia	GO	Porangatu	22	2.024,71

Tabela 2. Municípios com maior área relativa ocupada por pivôs centrais em 2010 considerando o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Município	UF	Microrregião	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%)	Área ocupada por pivôs centrais (ha)	Número de pivôs centrais
Cristalina	GO	Entorno de Brasília	7,80	48.073,80	572
Vicentinópolis	GO	Meia Ponte	5,38	3.966,91	65
Itaberaí	GO	Anápolis	3,07	4.511,17	80
Maurilândia	GO	Sudoeste de Goiás	2,87	1.129,90	11
Morrinhos	GO	Meia Ponte	2,58	7.343,93	128
Campo Alegre de Goiás	GO	Catalão	2,56	6.307,18	81
São João da Paraúna	GO	Vale do Rio dos Bois	2,30	701,50	11
Cabeceiras	GO	Entorno de Brasília	2,25	2.539,04	29
Água Fria de Goiás	GO	Entorno de Brasília	2,19	4.450,15	45
Santo Antônio da Barra	GO	Sudoeste de Goiás	2,17	979,35	9
Turvelândia	GO	Vale do Rio dos Bois	2,14	2.002,53	20
Vianópolis	GO	Pires do Rio	2,07	1.973,65	35
Santo Antônio de Goiás	GO	Goiânia	2,04	271,25	9
Brasília	DF	Brasília	2,02	11.733,22	181
Nova Glória	GO	Ceres	1,93	796,87	12
Palmeiras de Goiás	GO	Vale do Rio dos Bois	1,86	2.861,00	49
Jussara	GO	Rio Vermelho	1,85	7.554,11	65
Paraúna	GO	Vale do Rio dos Bois	1,75	6.603,29	93
Santa Rosa de Goiás	GO	Anápolis	1,69	289,35	6
Joviânia	GO	Meia Ponte	1,66	754,73	15

Tabela 3. Municípios com o maior tamanho médio dos pivôs centrais que apresentaram mais do que três pivôs em 2010, considerando o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Município	UF	Microrregião	Área ocupada por pivôs centrais (ha)	No. de pivôs	Área média dos pivôs centrais: média ± desvio padrão (ha)	Área relativa com pivôs centrais (%)
Aruanã	GO	Rio Vermelho	1.013,4	8	126,7 ± 21,1	0,33
Nova Crixás	GO	São Miguel do Araguaia	1.485,3	12	123,8 ± 22,0	0,20
Mozarlândia	GO	São Miguel do Araguaia	482,2	4	120,5 ± 16,5	0,28
Jussara	GO	Rio Vermelho	7.554,1	65	116,2 ± 28,9	1,85
Santa Fe de Goiás	GO	Rio Vermelho	1.578,0	14	112,7 ± 22,6	1,36
Britânia	GO	Rio Vermelho	1.112,7	10	111,3 ± 29,3	0,76
Montes Claros de Goiás	GO	Aragarças	1.222,7	11	111,2 ± 26,5	0,42
Santo Antônio da Barra	GO	Sudoeste de Goiás	979,4	9	108,8 ± 19,2	2,17
Rio Verde	GO	Sudoeste de Goiás	4.457,9	42	106,1 ± 29,0	0,53
Ipameri	GO	Catalão	4.884,3	47	103,9 ± 64,4	1,12
Caiapônia	GO	Sudoeste de Goiás	934,8	9	103,9 ± 24,0	0,11
Maurilândia	GO	Sudoeste de Goiás	1.129,9	11	102,7 ± 12,9	2,87
Turvelândia	GO	Vale do Rio dos Bois	2.002,5	20	100,1 ± 33,5	2,14
Água Fria de Goiás	GO	Entorno de Brasília	4.450,2	45	98,9 ± 28,9	2,19
Vila Boa	GO	Entorno de Brasília	588,6	6	98,1 ± 20,0	0,56
Bom Jesus de Goiás	GO	Meia Ponte	1.053,1	11	95,7 ± 25,2	0,75
Matrinchã	GO	Rio Vermelho	1.783,2	19	93,9 ± 24,2	1,55
São João D'Aliança	GO	Chapada dos Veadeiros	647,5	7	92,5 ± 65,0	0,19
Montividiu	GO	Sudoeste de Goiás	1.473,4	16	92,1 ± 25,6	0,79
Niquelândia	GO	Porangatú	2.024,7	22	92,0 ± 23,7	0,21

Tabela 4. Distribuição dos pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal por sub-bacia hidrográfica em 2010.

Sub-bacia hidrográfica do Rio	Bacia Hidrográfica do Rio	Unidades da Federação	Número de pivôs centrais	Número de pivôs centrais (%)	Área ocupada por pivôs centrais (ha)
Paranaíba	Paraná	GO e DF	1.804	70,80	135.512,37
Tocantins	Tocantins	GO e DF	330	12,95	22.800,53
Paracatu	São Francisco	GO e DF	230	9,03	16.289,03
Araguaia	Tocantins	GO	171	6,71	18.453,56
Urucuia	São Francisco	GO	13	0,51	986,16
Total			2.548	100,00	194.041,65

Conclusões

A utilização de irrigação por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal concentra-se principalmente no centro-leste do Estado de Goiás (Sub-bacia do Rio Paranaíba) e leste do Distrito Federal (Bacia do Rio Paracatu). O uso de irrigação possibilita o aumento da produtividade e produção agrícola de diversas culturas, embora possa causar impactos adversos ao meio ambiente, à qualidade do solo e da água, à saúde pública e ao aspecto socioeconômico da região, agravando conflitos regionais pelo uso da água.

A crescente produção agrícola do país, impulsionada pelos altos valores das *commodities* no mercado internacional e aumento da demanda de alimentos no mercado interno provavelmente demandarão a expansão das áreas irrigadas no país. Estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem levar em consideração restrições relacionadas com disponibilidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse.

Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e áreas de preservação permanente contribuirão para melhorar a qualidade e quantidade de água disponíveis, podendo permitir a futura expansão da área irrigada no país, e devem ser consideradas para a definição de políticas nacionais e estaduais envolvendo o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Embrapa Milho e Sorgo pelo apoio dado para a realização deste trabalho.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. HidroWEB: sistema de informações hidrológicas: arquivos digitais: bacias hidrográficas brasileiras 2001. Bacias. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 30 mar.2013.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COUTINHO, A. C.; ANDRADE, C. de L. T. de; GUIMARAES, D. P.; DUARTE, J. de O. **Manejo da irrigação em pivôs centrais no cerrado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 112). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31674/1/doc-112.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1992. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12.,

2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 849-856. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.25/doc/849.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jan. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=327>>. Acesso em: 26/mar/2013.

BRASIL. Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://www.semob.piracicaba.sp.gov.br/arquivos/Legislacao/Federal%20e%20Estadual/Lei%20Federal%204.771-65%20-%20Codigo%20Florestal.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de

setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012.

Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm>. Acesso em: 25 out. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012c. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm>. Acesso em: 20 out. 2012.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos**: o papel da irrigação no alcance do desenvolvimento sustentável. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 29 p.

CHRISTOFIDIS, D. Novos olhares sobre a irrigação no mundo, no Brasil e na bacia do Rio São Francisco. **Revista ITEM**, Belo Horizonte, v. 78, 2008.

COELHO, E. F. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005. Disponível em: <http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2013.

FALEIROS, G. ONU aponta desafio no uso da água na agricultura. **OECO Reportagens**, 29 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/reportagens/25262-onu-aponta-desafio-no-uso-da-agua-na-agricultura>>. Acesso em: 26 mar. 2013.

FERREIRA, E.; TOLEDO, J. H. de; DANTAS, A. A. A.; PEREIRA, R. M. Cadastro das áreas irrigadas por pivôs centrais, em Minas Gerais, utilizando imagens do satélite CBERS-2B/CCD. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000400015&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 25 fev. 2013.

GAMACHE, M. **Free and low cost datasets for international mountain cartography**. 2004. Disponível em: <http://www.icc.es/workshop/abstracts/ica_paper_web3.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2009.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57934/1/bol-40.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; COSTA, T. C. e C. da. **Relevo digital dos municípios brasileiros**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 75). Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&id=491745&biblioteca=vazio&busca=relevo%20digital%20>

landau&qFacets=relevo%20digital%20landau&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 30 mar. 2013.

GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, A. O.; MARTINS, R. F. Crescimento da agricultura irrigada por pivô central no Distrito Federal. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 9., 2012, Poços de Caldas. **Como a tecnologia pode auxiliar na preservação do meio ambiente**: anais. Poços de Caldas: GSC, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71976/1/Crescimento-agricultura.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 fev. 2013.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M. **Concentração geográfica de pivôs centrais no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa). No prelo.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. de (Org.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: MME: MMA-SRH: OMM: PNUD, 1999. p. 73-101.

NUNES, W. A. G. de A.; KER, J. C.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características físicas de solos da região de Janaúba-MG, irrigados com água de poços tubulares ou do rio Gorutuba. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2006.

PINHEIRO, J. C. V.; CARVALHO, R. M.; FREITAS, K. S. de. Análise do suprimento atual e potencial de água potável para os Municípios cearenses. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 107-121, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a08v21n2.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

PIVOT. Irrigação eleva produtividade de milho e soja em 60%. **Irrigação Notícias**, 25 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.pivot.com.br/irrigacao/pivo/?ir=3&id=2026>>. Acesso em: 06 mar. 13.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Comportamento hidrológico na Foz do Rio São Francisco durante período de 1950 a 1999. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 118-123, 2005. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n2p118-123.pdf>>. Acesso em: 01/abr/2013.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. del G.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M.; TEIXEIRA, A. de F. Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na bacia do Paracatu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, mar./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n2/v11n2a11.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

SCHMIDT, W.; COELHO, R. D.; JACOMAZZI, M. A.; ANTUNES, M. A. H. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I - Região

Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 330-333, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a26.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SILVA, A L M. **A utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto na Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás**. Goiás: SEFAZ-GO, 2004. Disponível em: <<http://www.sefaz.go.gov.br/Geoprocessamento/GEOPROCESSAMENTO%20NA%20SEFAZ.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília, DF: MMA-SRH-ABEAS-UFV. 1997. 252 p.

THEODORO, S. H. (Org.). **Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos em conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamont, 2002.

TOLEDO, J. H.; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; SILVA, L. S. C.; PEREIRA, R. M. Mapeamento de sistemas de pivôs centrais no Estado de Minas Gerais a partir de imagens CBERS-2B/CCD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p.

331-338. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0498.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; PAULINO, J.; GONZÁLES, A. M. G. O. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do Programa “Conservador das Águas”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p. 2157-2166, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n6/a30v35n6.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE - 10965